



CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



Entregable 2. Reporte (Preliminar) Stock Assessment

Implementación metodológica de evaluación de stock en
coquina *Donax trunculus* en SS3 en el Golfo de Cádiz,
España

Grupo de Trabajo FEMP 04

Instituto Español de Oceanografía, Cádiz

Mauricio Mardones
Marina Delgado

Fecha
Abril, 2024

Contents

| | |
|---|-----------|
| 1. CONTEXTO | 2 |
| 2. METODOLOGÍA | 2 |
| 2.1. Datos utilizados | 4 |
| 2.2. Modelo de la dinámica poblacional | 5 |
| 2.3. Plataforma de Evaluacion de Stock | 5 |
| 2.4. Modelo Base (Condicionamiento) | 5 |
| 2.5. Modelos alternativos (Escenarios) | 7 |
| 3. RESULTADOS (Modelo Base s1) | 8 |
| 3.1. Ajustes y residuos | 8 |
| 3.2. Variables poblacionales | 10 |
| 3.3. Análisis Retrospectivo | 12 |
| 3.4. Hindcast Cross-Validation and prediction skill | 16 |
| 3.5. Comparación de resultados entre modelos | 18 |
| 4. STATUS | 18 |
| 5. DISCUSIÓN | 21 |
| 6. PROGRESO | 22 |
| 7. REFERENCIAS | 23 |

1. CONTEXTO

El objetivo de este documento es la implementación metodológica de la evaluación de stock de coquina *Donax trunculus* mediante un modelo integrado con datos en talla y dinamica en edad implemetnado en Stock Synthesis (SS3) (v.3.30.21) ([Methot et al., 2023](#); [Methot & Wetzel, 2013](#)) para la zona del Golfo de Cádiz, España. Este trabajo está en el marco de la asesoría científica que lleva a cabo el Instituto Español de Oceanografía (IEO) realizado por el grupo de investigadores asociados al proyecto FEMP 04.

A su vez, se destaca la utilidad de los programas de monitoreo de la población y la pesquería que se ejecutan desde el año 2013 por parte del IEO Cádiz, y con el cual se ha levantado informacion biológica, pesquera y ambiental que ha sido vital para estea implementación metodológica, consituyendo así el primer ejercicio de evaluación de stock de coquina.

2. METODOLOGÍA

El flujo de trabajo asociado a la modelación de stock, tanto componentes como fuentes de datos está representado de forma genérica en el siguiente diagrama de flujo (Figura 1);

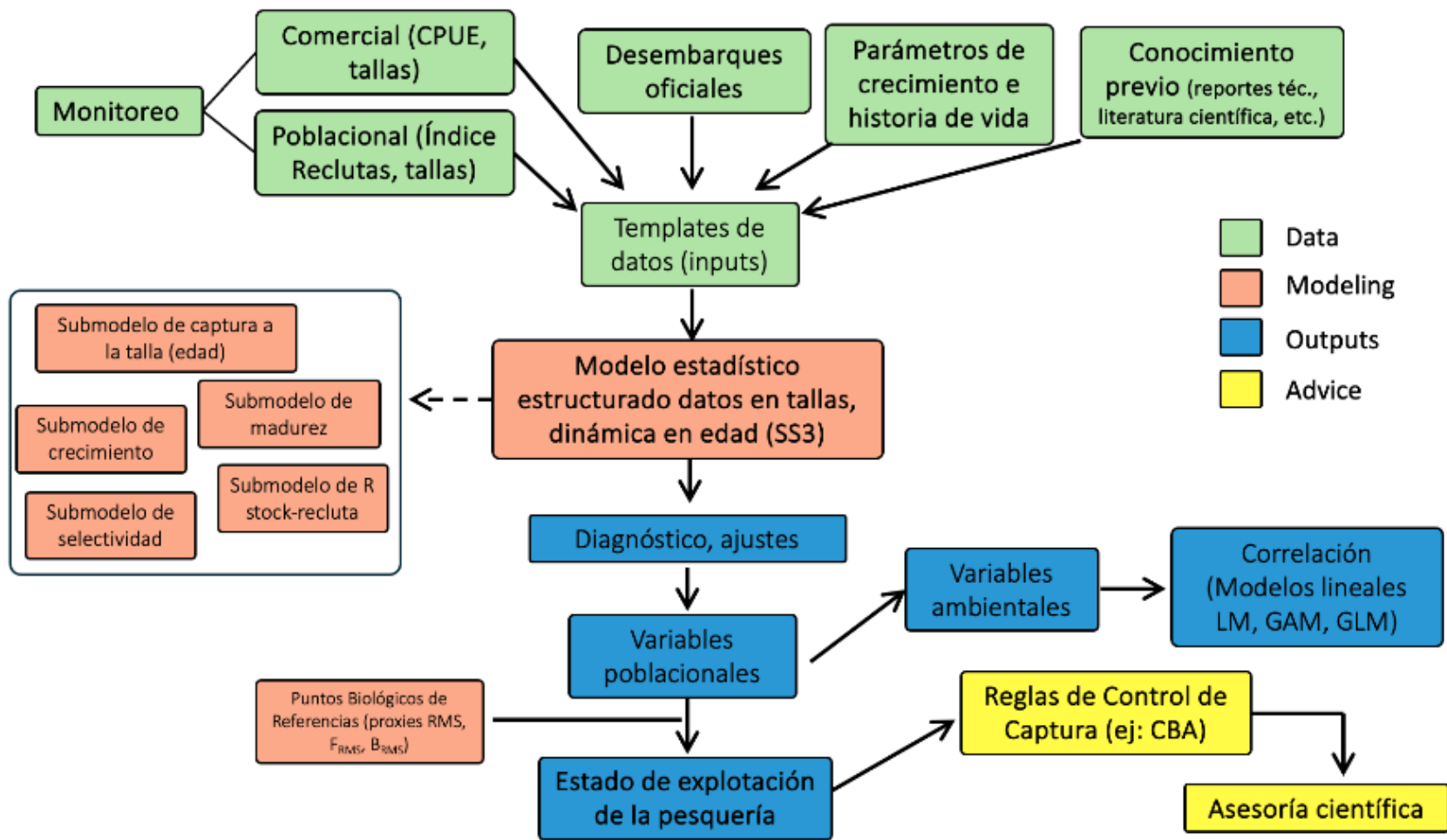


Figure 1: Esquema de modelación de coquina

2.1. Datos utilizados

Los datos analizados que formaron parte de los inputs del modelo fueron clasificados de acuerdo a su origen. A saber;

- Desembarque artesanal del período (2004-2024), provenientes de las estadísticas oficiales de [IDAPES](#) asociados al sector de marisquería del Parque Doñana y cercanías. Cabe señalar que en esta pesquería aun no se realizan procesos de corrección de desembarques y que serán propuestos como escenarios de modelación.
- Información de los programas de monitoreo poblacional y comercial que lleva a cabo el IEO desde el año 2013. En este monitoreo se recopila información biológica, pesquera y ambiental.
- Información relativa a los parámetros de historia de vida de la coquina a nivel europeo y local. Esta información está contenida en artículos científicos y reportes que fueron compilados con el fin de parametrizar los modelos de evaluación.

Toda esta información, códigos fuente, bases de datos y Análisis Exploratorio de Datos puede ser encontrado en el siguiente enlace: [Data coquina](#). La cobertura temporal de las fuentes de datos varía de acuerdo a la disponibilidad asociada al programa y fuente (Figura 2);

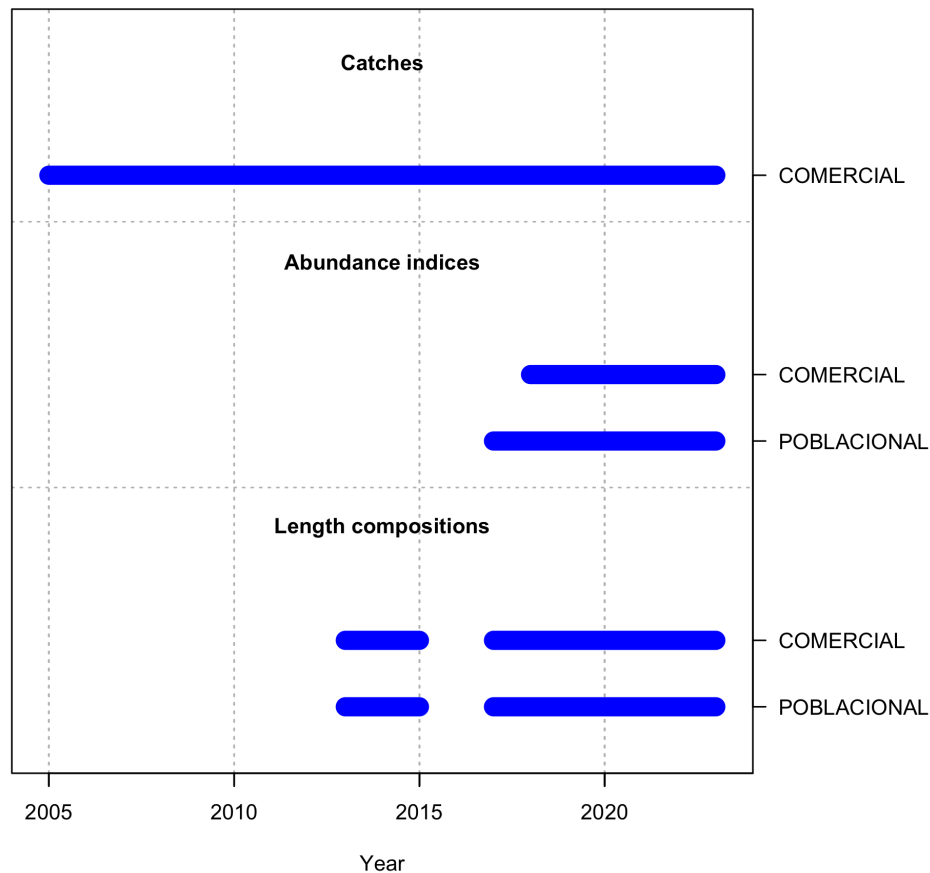


Figure 2: Cobertura temporal de las distintas fuentes de datos usadas en el modelo implementado en SS3 para coquina

2.2. Modelo de la dinámica poblacional

El modelo de dinámica poblacional de la coquina, corresponde a un enfoque de evaluación del tipo estadístico con estructura de edad, donde la dinámica progresa avanzando en el tiempo t , y las capturas son causantes de la mortalidad por pesca F , la mortalidad natural es constante $M = 0.99$ (Tabla 1). La relación entre la población y las capturas responde a la base de la ecuación de Baranov, y se consideran para el modelo y estimaciones el rango de edad entre 1 a 5+ (años). Sin embargo, las estimaciones del modelo tienen su origen en la edad cero sobre la base de una condición inicial estado estable. La dinámica esta modelada por un reclutamiento tipo Beverton y Holt.

De manera sencilla, un modelo de evaluación reproduce la dinámica poblacional de coquina a lo largo del tiempo. Este modelo incorpora parámetros biológicos clave como tasas de crecimiento, tasas de mortalidad, reclutamiento y biomasa desovante. Normalmente, el modelo se formula utilizando ecuaciones matemáticas que describen cómo estos parámetros interactúan para determinar la abundancia y distribución de coquina en el área de estudio. La ecuación de estado de crecimiento poblacional de coquina puede representarse como:

$$N_t = N_{t-1} \cdot e^{(r-M)} + R$$

Donde: - N_t es abundancia de coquina en el tiempo t . - N_{t-1} abundancia de krill en pasos de tiempo previos. - r es la tasa de crecimiento poblacional intrínseca. - M es la tasa de mortalidad natural. - R es el reclutamiento de nuevos individuos al stock.

2.3. Plataforma de Evaluación de Stock

La ecuación descrita en el punto 2.2 describe la dinámica básica de la población de coquina, con la abundancia cambiando con el tiempo debido al crecimiento, la mortalidad y el reclutamiento. Junto a esta ecuación, otros submodelos asociados como crecimiento individual, selectividad, madurez, captura a la edad entre otros están configurados en SS3. Este plataforma de evaluación de stock está diseñada como un modelo estructurado con dinámica en edad y datos en talla, en la clase de modelo denominado *Modelo de análisis integrado*. SS3 tiene un sub-modelo poblacional de stock que simula crecimiento, madurez, fecundidad, reclutamiento, movimiento, y procesos de mortalidad, y sub-modelos de observation y valores esperados para diferentes tipos de datos. El modelo es codificado en C++ con parámetros de estimación activados por diferenciación automática (ADMB) (Methot & Wetzel, 2013). El análisis de resultados y salidas emplea herramientas de R e interfase gráfica de la librería `r4ss` (<https://github.com/r4ss/r4ss>) (Taylor, 2019) y `ss3diags` (Winker et al., 2023).

Las rutinas y datos de este proceso metodológico de evaluación pueden ser encontrados en el repositorio de [SA_Donax_trunculus](#)

2.4. Modelo Base (Condicionamiento)

La estimación de la biomasa desovante se realizó a inicios de año, mientras que el reclutamiento se consideró como un evento doble que ocurre hacia junio y fines de año. En el proceso de estimación del reclutamiento, se incorporó una relación stock-recluta difusa (steepness 0.7), y las variaciones en el reclutamiento se modelaron como desviaciones del reclutamiento virginal R_0 , asumiendo 2004 como año inicial (Tabla 1).

La mortalidad por pesca se estimó como el promedio simple de la F de las clases de edad 1 y 2, lo que en el modelo corresponde a la opción 5 del método **F híbrido** recomendado en SS3 (Methot & Wetzel, 2013). Se asume que la densidad es un proxy de las biomásas estimadas (Caddy, 2004) obtenida desde los muestreos poblacionales y que son proporcionales a la biomasa vulnerable de la población, con la capturabilidad (q) estimada en el modelo. Los parámetros q fueron estimados a partir de parámetros iniciales especificados en la Tabla 1 para los datos del monitoreo poblacional, así como del comercial. Todos los patrones de selectividad, que relacionan las composiciones de tallas observadas de la flota comercial y poblacional con la dinámica, fueron estimados mediante una función logística. Los parámetros p_1 (talla en la inflexión de la curva) y p_2 (selección al 95%) son estimados por el modelo a partir de los valores iniciales especificados en la Tabla 1.

Table 1: Parámetros de entrada al modelo inicial SS3 de coquina (S1). Cada línea de parámetro contiene un valor mínimo (LO), máximo (HI) e inicial (INIT). Si la fase (PHASE) para el parámetro es negativa, el parámetro es fijo de entrada

| | LO | HI | INIT | PHASE |
|-------------------------------|--------|-------|----------|-------|
| Mortalidad natural | | | | |
| Nat M | 0.05 | 2.00 | 0.9900 | -3 |
| Crecimiento | | | | |
| Lmin | 1.00 | 3.50 | 2.3000 | 5 |
| Lmax | 2.00 | 8.00 | 4.9000 | -3 |
| VonBert K | 0.08 | 0.80 | 0.4800 | -1 |
| CV young | 0.05 | 0.50 | 0.3000 | -3 |
| CV old | 0.05 | 0.25 | 0.1000 | -3 |
| Relación longitud-peso | | | | |
| Wt a | 0.00 | 3.00 | 0.0003 | -5 |
| Wt b | 0.00 | 6.00 | 2.6800 | -5 |
| Ojiva de madurez | | | | |
| L50% | 0.00 | 3.00 | 1.0400 | -5 |
| Mat slope | -3.00 | 3.00 | -1.7000 | -3 |
| Relación stock-recluta | | | | |
| SR_LN(R0) | 3.00 | 50.00 | 25.0000 | 1 |
| SR_BH_steep | 0.20 | 1.00 | 0.7500 | 4 |
| SR_sigmaR | 0.00 | 1.00 | 0.2000 | -4 |
| SR_regime | -5.00 | 5.00 | 0.1000 | -4 |
| SR_autocorr | 0.00 | 0.00 | 0.0000 | 99 |
| Capturabilidad | | | | |
| LnQ_base_COMERCIAL(1) | -15.00 | 1.50 | -10.0000 | 4 |
| LnQ_base_POBLACIONAL(2) | -15.00 | 1.50 | -5.0000 | 4 |
| Selectividad | | | | |
| SizeSel_P_1_COMERCIAL(1) | 0.02 | 4.00 | 0.5000 | 2 |
| SizeSel_P_2_COMERCIAL(1) | 0.01 | 4.00 | 2.5000 | 2 |
| SizeSel_P_1_POBLACIONAL(2) | 0.02 | 3.00 | 0.5000 | 2 |
| SizeSel_P_2_POBLACIONAL(2) | 0.01 | 3.00 | 0.5000 | 2 |

Por otro lado, y al existir dos tipos de muestreos, uno poblacional y otro comercial, se modelan las selectividades por separado como se identifica en la Figura 3

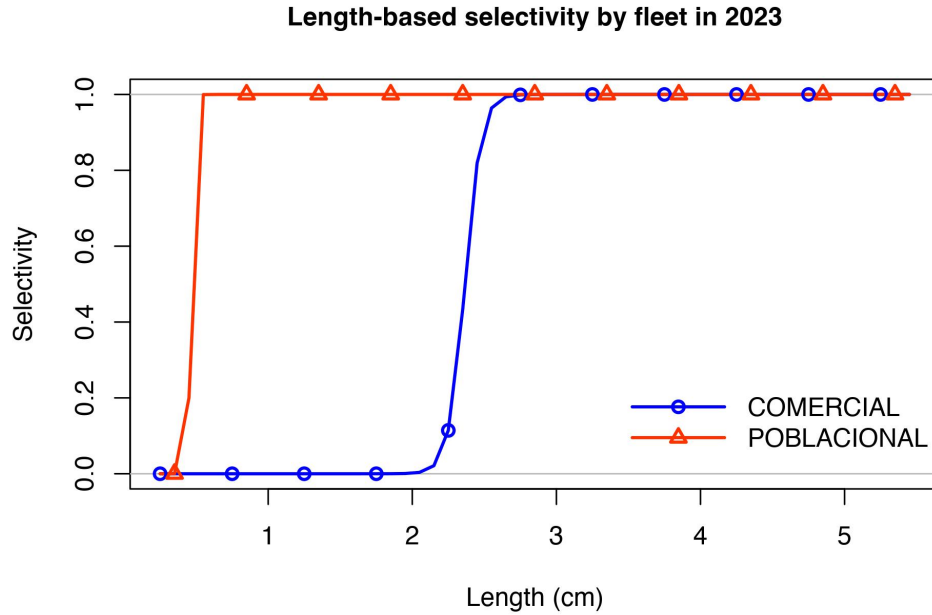


Figure 3: selectivity at length in end year for all fleets shown together para coquina

2.5. Modelos alternativos (Escenarios)

Para avanzar en la implementación metodológica, y considerando las fuentes de incertidumbre asociadas a la modelación de stock de coquina, se establecen una serie de modelos alternativo. Estos escenarios dicen relación con el subreporte de este tipo de pesquerías (Galicia paper ref) en particular, con la coquina (ref). Esto dado los niveles de furtivismo que no son reflejados en las cifras oficiales. Por ello, este ejercicio contempló una corrección al alza de los desembarques oficiales provistos por la Junta a través de IDEASPA. Esto tiene como objetivo identificar el impacto del subreporte en la estimación de variables poblacionales, así como en el status del recurso. Estos escenarios están descritos en la Tabla 2.

Table 2: Descripción de los escenarios alternativos al modelo base inicial (S1).

| Escenarios | Descripción |
|------------|---|
| S01 | Solo Desembarque e Índice |
| S1 | Flota comercial y poblacional, Desembarque, Índice, Composiciones de Tallas |
| S2 | S1 + Vector Desembarques desde 1990 asumido en 250 por año |
| S3 | S1 + Vector desembarques ponderado por 1.5 |
| S4 | S1 + Vector desembarques ponderado por 2 |
| S5 | S1 + Vector desembarques ponderado por 2.5 |

3. RESULTADOS (Modelo Base s1)

3.1. Ajustes y residuos

En relación a los análisis de bondad de ajuste más clásicos, los ajustes a las tallas muestran un adecuado desempeño, siguiendo las modas anuales de la estructura de tallas poblacional y comercial (Figura 5).

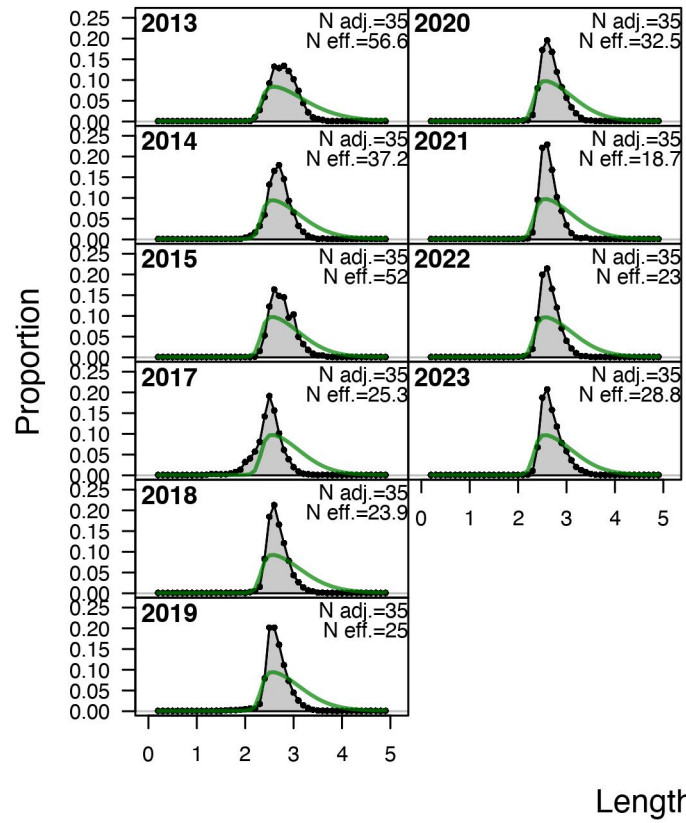


Figure 4: Fits Length comps whole catch COMERCIAL y POBLACIONAL para coquina

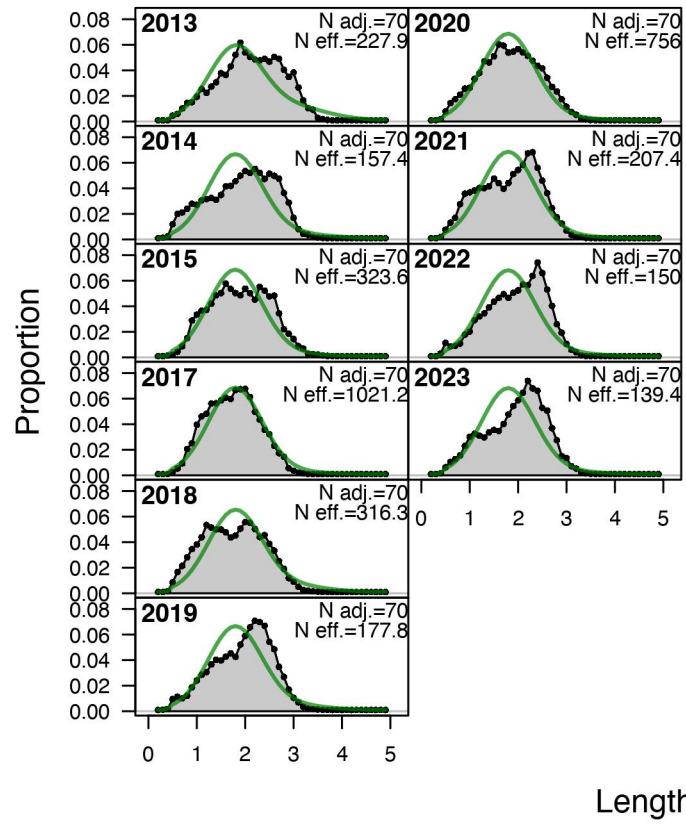


Figure 5: Fits Length comps whole catch COMERCIAL y POBLACIONAL para coquina

3.2. Variables poblacionales

El modelo permite estimar diferentes variables poblacionales, las cuales se enlistan en la Tabla 3;

Table 3: Series de tiempo estimados por el modelo inicial (S1). Reclutamiento (millones de ind.), biomasa desovante (en toneladas), Captura (t) y mortalidad por pesca (año-1).

| Año | Reclutamientos | Biomasa desovante | Captura | Mortalidad por pesca |
|------|----------------|-------------------|---------|----------------------|
| 2004 | 62296.6 | 131.49 | 23.00 | 0.19 |
| 2005 | 61230.7 | 129.68 | 50.00 | 0.48 |
| 2006 | 59486.4 | 116.10 | 38.00 | 0.41 |
| 2007 | 56959.7 | 97.43 | 56.01 | 0.68 |
| 2008 | 53952.3 | 91.39 | 70.11 | 1.09 |
| 2009 | 49618.8 | 75.70 | 73.90 | 1.58 |
| 2010 | 46620.0 | 57.28 | 80.40 | 2.65 |
| 2011 | 46487.8 | 41.16 | 30.01 | 0.84 |
| 2012 | 47197.6 | 33.12 | 85.27 | 2.95 |
| 2013 | 54359.4 | 41.84 | 74.82 | 3.95 |
| 2014 | 31108.3 | 26.72 | 80.63 | 4.00 |
| 2015 | 38914.1 | 27.11 | 48.49 | 3.94 |
| 2016 | 58124.2 | 17.08 | 34.99 | 1.57 |
| 2017 | 52284.3 | 21.79 | 86.55 | 3.03 |
| 2018 | 119431.0 | 37.18 | 72.14 | 2.85 |
| 2019 | 128653.0 | 31.37 | 176.82 | 4.00 |
| 2020 | 111082.0 | 59.33 | 191.15 | 4.00 |
| 2021 | 103375.0 | 64.28 | 167.60 | 4.00 |
| 2022 | 46126.8 | 56.98 | 135.34 | 2.91 |
| 2023 | 60944.1 | 55.60 | 24.72 | 0.58 |

Los componentes de verosimilitud, además de los análisis de residuales permiten identificar entre los bloques de modelos cuales de las configuraciones presenta un desempeño adecuado en términos estadísticos de ajuste a la información. Este modelo es el seleccionado como caso base y sirve para desplegar sus principales salidas para fines informativos de indicadores; como biomasa desovante y pronóstico (Figura 6) y biomasa desovante relativa (Figura 7).

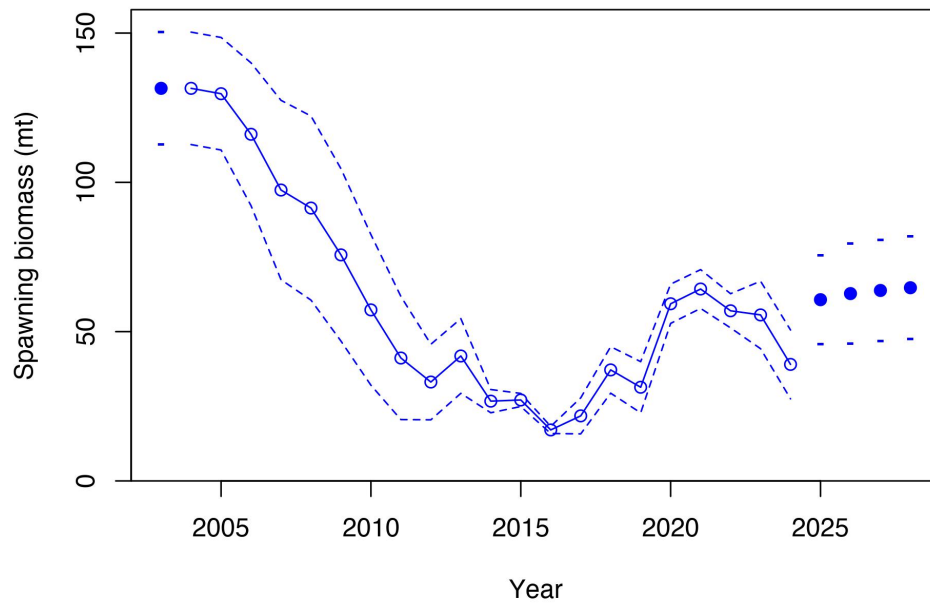


Figure 6: Total biomass with forecast to coquina

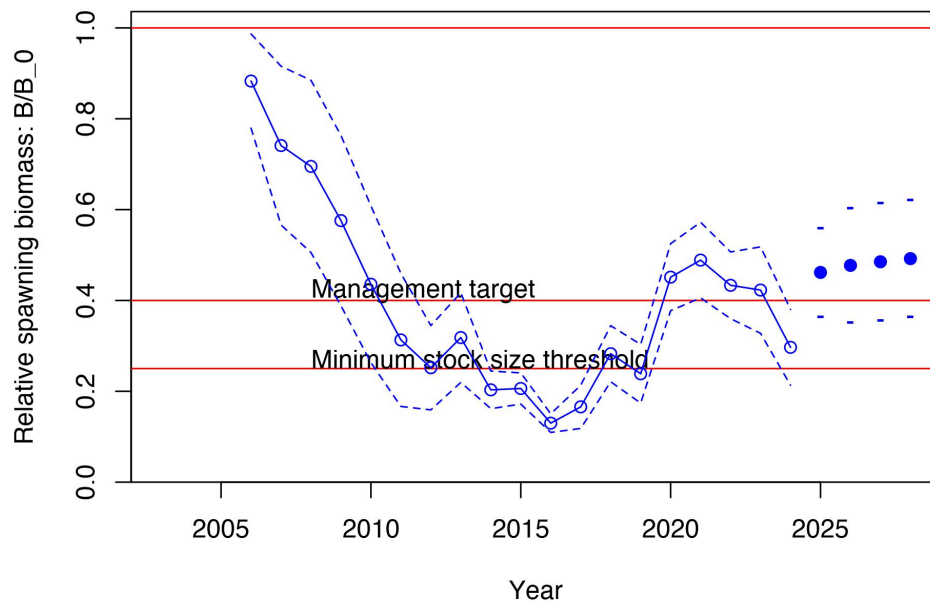


Figure 7: Spawning output with forecast with 95% asymptotic intervals and relative spawning biomass to coquina

3.3. Análisis Retrospectivo

Se siguieron los procedimientos explicados en el objetivo 1 de este reporte, para evaluar la idoneidad del modelo y dichos procedimientos se han probado en 6 implementaciones (escenarios) diferentes del modelo inicial (S1).

Los resultados de el análisis de sesgo para cada escenario son representados por el parámetro de Rho en la Figura ??.

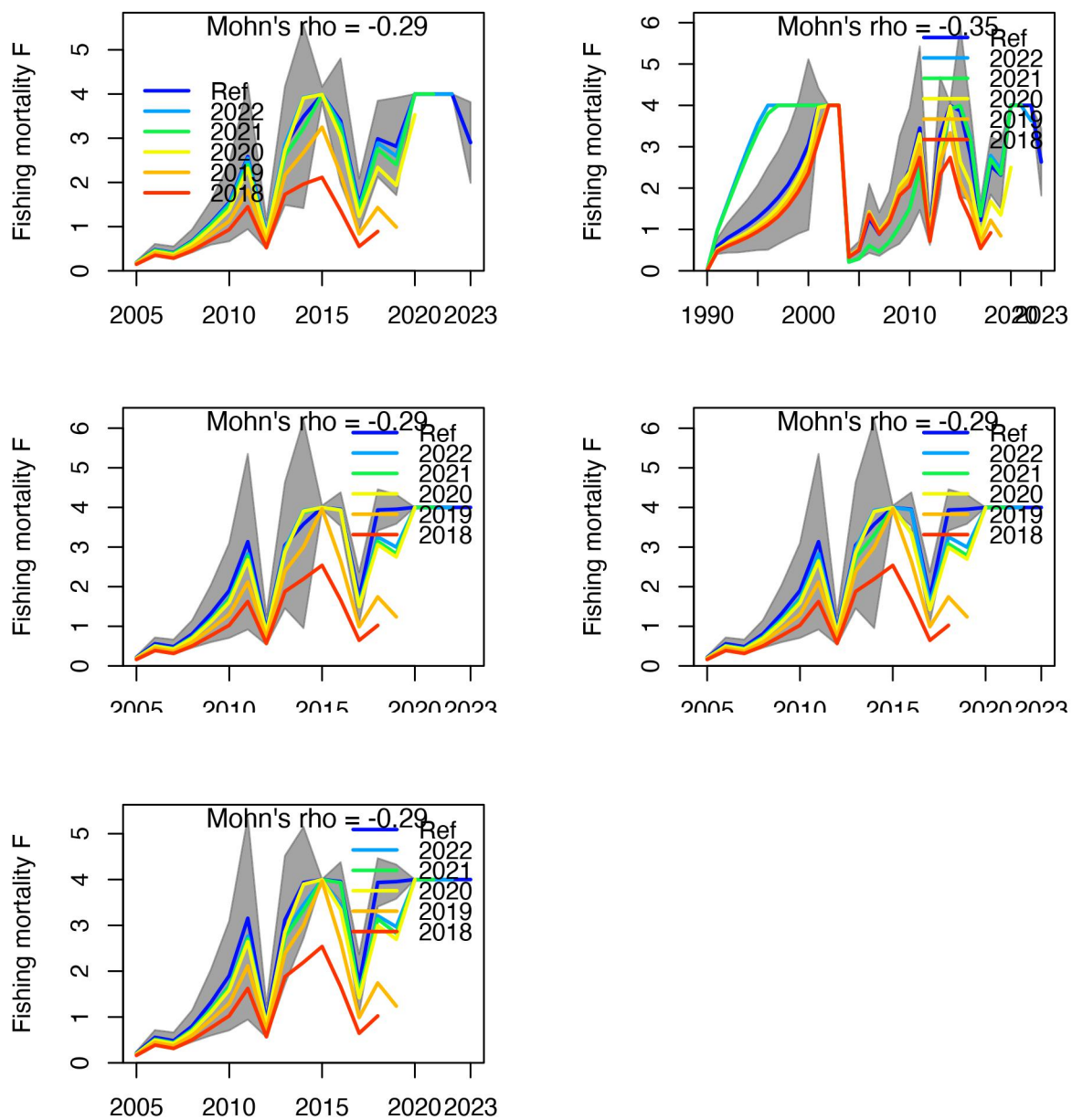


Figure 8: Patrón retrospectivo para cada esnario modelado en cocina

(#fig:retro)

Dado que la variabilidad del índice rho de Mohn depende de la historia de vida (usualmente mayor para especies de vida corta) y que el estadístico parece insensible a F, Hurtado-ferro et al. (2015) propusieron que el patrón retrospectivo de alguna de las variables biológico-pesqueras indicadas es preocupante si los valores del índice Mohn's rho son superiores a 0,20 o inferiores a -0,15 para especies de vida larga, o superiores a 0,30 o inferiores a -0,22 para especies de vida corta. Esto es un factor relevante al momento de hacer diagnosis con recursos como la coquina. Por su parte, las Tablas 4, 5, 6, 7 y 8 muestran el parametro Rho estimado para cada modelo y cada variable (Fy SSB)

Table 4: Rho parameter in SSB and F model s1

| type | peel | Rho | ForcastRho |
|------|----------|------------|------------|
| SSB | 2022 | -0.0053309 | -0.2037735 |
| SSB | 2021 | -0.0172189 | -0.0152340 |
| SSB | 2020 | 0.1961537 | 0.0138184 |
| SSB | 2019 | 1.2906896 | 0.2479760 |
| SSB | 2018 | 1.5609331 | 2.5961966 |
| SSB | Combined | 0.6050453 | 0.5277967 |
| F | 2022 | 0.0000000 | 0.3780084 |
| F | 2021 | 0.0000000 | 0.0000000 |
| F | 2020 | -0.1174900 | 0.0000000 |
| F | 2019 | -0.6487907 | 0.0000000 |
| F | 2018 | -0.7023415 | -0.7822336 |
| F | Combined | -0.2937244 | -0.0808450 |

Table 5: Rho parameter in SSB and F model s2

| type | peel | Rho | ForcastRho |
|------|----------|------------|------------|
| SSB | 2022 | 0.0781307 | -0.2318261 |
| SSB | 2021 | -0.0194848 | -0.0142870 |
| SSB | 2020 | 0.5004057 | 0.1021839 |
| SSB | 2019 | 1.2680436 | 0.4409779 |
| SSB | 2018 | 1.2052425 | 1.8933489 |
| SSB | Combined | 0.6064675 | 0.4380795 |
| F | 2022 | -0.0925900 | 0.5192489 |
| F | 2021 | 0.0000000 | 0.0000000 |
| F | 2020 | -0.3751975 | 0.0000000 |
| F | 2019 | -0.6348327 | -0.1960775 |
| F | 2018 | -0.6391313 | -0.7141121 |
| F | Combined | -0.3483503 | -0.0781881 |

Table 6: Rho parameter in SSB and F model s3

| type | peel | Rho | ForcastRho |
|------|----------|------------|------------|
| SSB | 2022 | 0.0097544 | 0.0123383 |
| SSB | 2021 | -0.0000725 | 0.0014093 |
| SSB | 2020 | 0.0627174 | 0.0029631 |
| SSB | 2019 | 1.4116113 | 0.3632151 |
| SSB | 2018 | 1.7020079 | 3.0471431 |
| SSB | Combined | 0.6372037 | 0.6854138 |
| F | 2022 | 0.0000000 | 0.0000000 |
| F | 2021 | 0.0000000 | 0.0000000 |
| F | 2020 | 0.0000000 | 0.0000000 |
| F | 2019 | -0.6866577 | 0.0000000 |
| F | 2018 | -0.7401548 | -0.8224069 |
| F | Combined | -0.2853625 | -0.1644814 |

Table 7: Rho parameter in SSB and F model s4

| type | peel | Rho | ForcastRho |
|------|----------|------------|------------|
| SSB | 2022 | 0.0097604 | 0.0123370 |
| SSB | 2021 | -0.0001312 | 0.0007093 |
| SSB | 2020 | 0.0674568 | 0.0036351 |
| SSB | 2019 | 1.4115407 | 0.3631969 |
| SSB | 2018 | 1.7019930 | 3.0471066 |
| SSB | Combined | 0.6381240 | 0.6853970 |
| F | 2022 | 0.0000000 | 0.0000000 |
| F | 2021 | 0.0000000 | 0.0000000 |
| F | 2020 | 0.0000000 | 0.0000000 |
| F | 2019 | -0.6866476 | 0.0000000 |
| F | 2018 | -0.7401548 | -0.8224054 |
| F | Combined | -0.2853605 | -0.1644811 |

Table 8: Rho parameter in SSB and F model s5

| type | peel | Rho | ForecastRho |
|------|----------|------------|-------------|
| SSB | 2022 | 0.0092222 | 0.0112010 |
| SSB | 2021 | -0.0001125 | 0.0001678 |
| SSB | 2020 | 0.0665680 | 0.0040716 |
| SSB | 2019 | 1.4099662 | 0.3620489 |
| SSB | 2018 | 1.7008148 | 3.0445052 |
| SSB | Combined | 0.6372917 | 0.6843989 |
| F | 2022 | 0.0000000 | 0.0000000 |
| F | 2021 | 0.0000000 | 0.0000000 |
| F | 2020 | 0.0000000 | 0.0000000 |
| F | 2019 | -0.6866099 | 0.0000000 |
| F | 2018 | -0.7401086 | -0.8223871 |
| F | Combined | -0.2853437 | -0.1644774 |

3.4. Hindcast Cross-Validation and prediction skill

Como una medida robusta de habilidad de predicción en la modelación de la población de coquina, implementamos el error medio absoluto escalado (MASE por sus siglas en inglés). En resumen, el puntaje MASE escala el error medio absoluto. En cuanto a un puntaje MASE > 1 indica que las predicciones promedio del modelo son peores que un movimiento aleatorio. Por el contrario, un puntaje MASE de 0.5 indica que las predicciones del modelo son el doble de precisas que una predicción de referencia ingenua; por lo tanto, el modelo tiene habilidad de predicción. En la Figura 9.

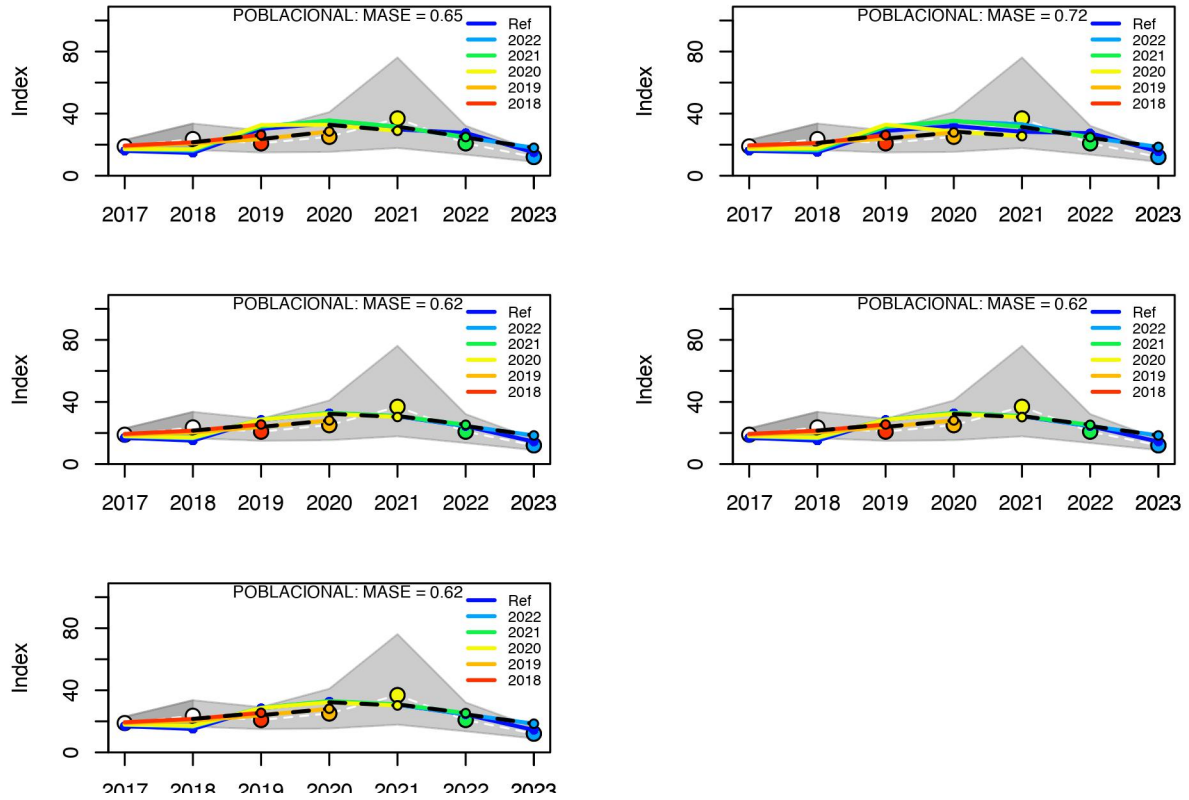


Figure 9: Error medio absoluto escalado para cada escenario de modelación de coquina
 (#fig:hind)

3.5. Comparación de resultados entre modelos

Los análisis comparados, muestran las estimaciones de cada escenario propuesto para los casos de fracción de biomasa virginal (Figura ??), desvío de los reclutamientos (Figura 10) y mortalidad por pesca (Figura ??) y densidad de estimación de SSB (Figura ??).

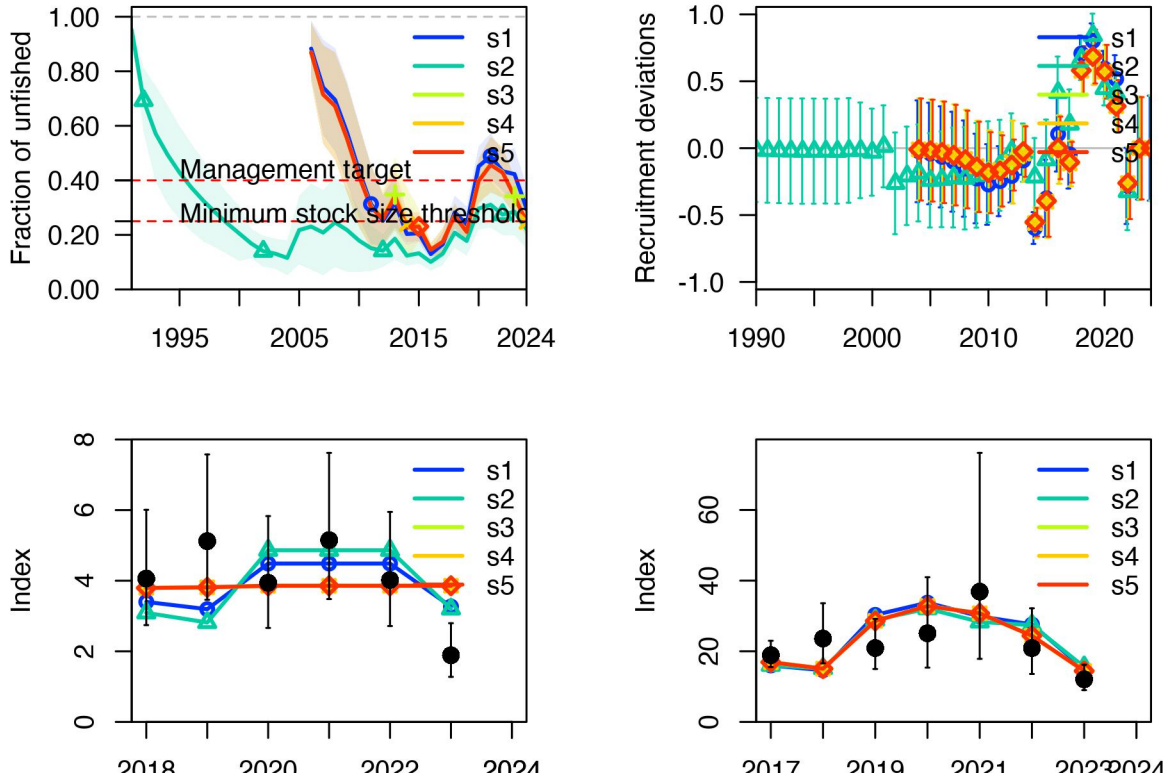


Figure 10: Comparación escenario de razón de Biomasa

4. STATUS

Por otro lado, y de acuerdo a los Puntos Biológicos de Referencia propuestos para este recurso, los cuales indican como objetivo un 40% de la Biomasa desovante y un F40% de la Biomasa desovante virginal, la Figura 11) muestra la trayectoria y simulación de 100 salidas con MCMC del pronóstico para cada escenario evaluado.

```
##
## starter.sso with Bratio: SSB/SSB0 and F: _abs_F
##
##
## starter.sso with Bratio: SSB/SSB0 and F: _abs_F
##
##
## starter.sso with Bratio: SSB/SSB0 and F: _abs_F
##
```

```
##
## starter.sso with Bratio: SSB/SSB0 and F: _abs_F
##
##
## starter.sso with Bratio: SSB/SSB0 and F: _abs_F
##
```

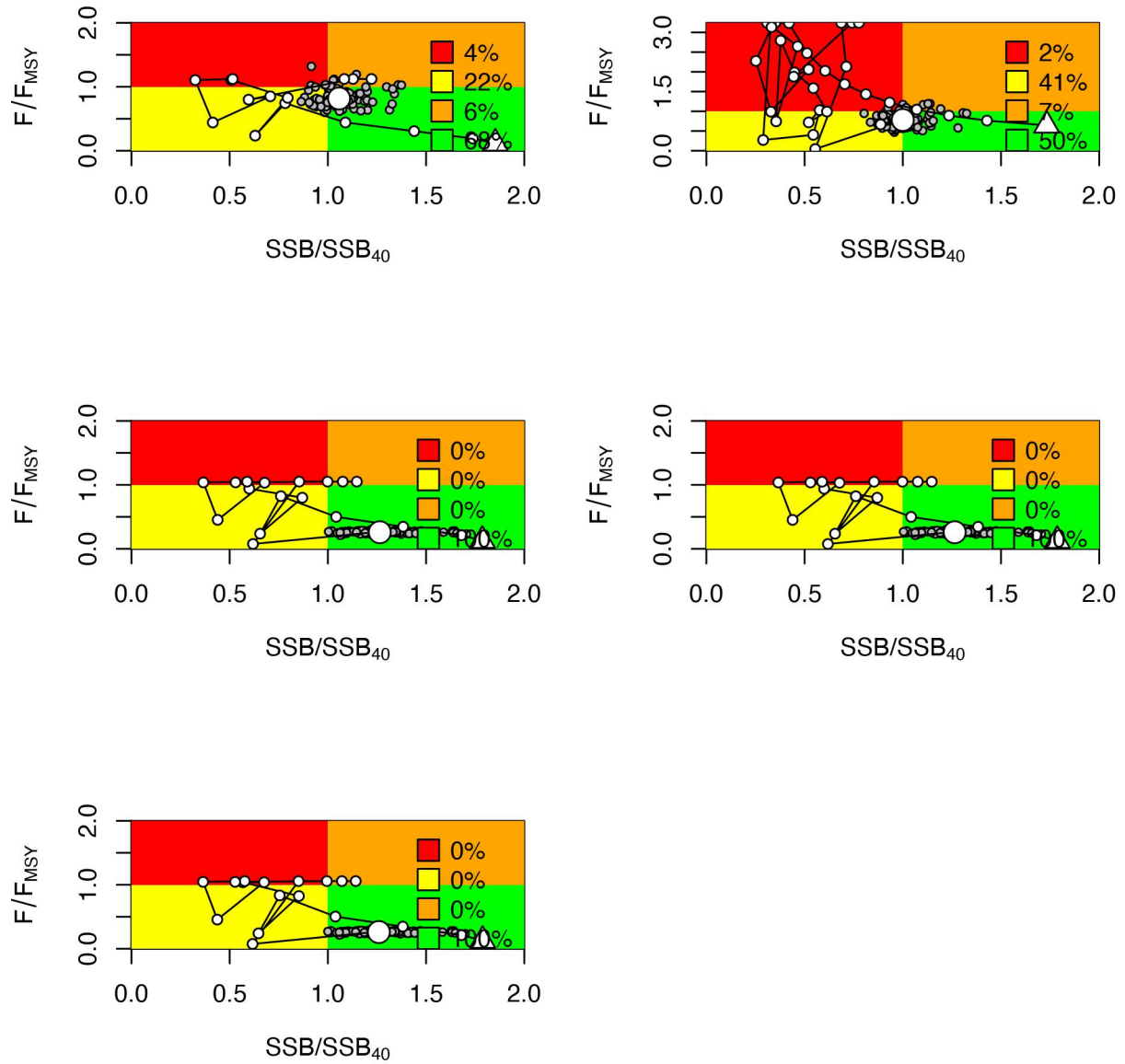


Figure 11: Status de explotación para la población de coquina para cada escenario evaluado

5. DISCUSIÓN

La pesquería de la coquina. . .

6. PROGRESO

- explicar PBR
- Definir estatus
- S01 falta implementar modelo
- Falta mirar perfiles de verosimilitud

7. REFERENCIAS

- Caddy, J. F. (2004). Current usage of fisheries indicators and reference points , and their potential application to management of fisheries for marine invertebrates 1. *Canadian Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 1324 (December 2002), 1307–1324. <https://doi.org/10.1139/F04-132>
- Hurtado-ferro, F., Szuwalski, C. S., Valero, J. L., Anderson, S. C., Cunningham, C. J., Johnson, K. F., Licandeo, R., McGilliard, C. R., Monnahan, C. C., Muradian, M. L., Ono, K., Vert-Pre, K. A., Whitten, A. R., & Punt, A. E. (2015). Looking in the rear-view mirror: bias and retrospective patterns in integrated, age-structured stock assessment models. *ICES Journal of Marine Science*, 72, 99–110.
- Methot, R., & Wetzel, C. (2013). Stock synthesis: A biological and statistical framework for fish stock assessment and fishery management. *Fisheries Research*, 142, 86–99. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2012.10.012>
- Methot, R., Wetzel, C., Taylor, I., Doering, K., & Jhonson, K. (2023). *Stock Synthesis User Manual Version 3.30.21*. NOAA Fisheries Seattle, WA.
- Taylor, I. (2019). Using R for Stock Synthesis Installing R and getting R4SS. *Fisheries Science*, November.
- Winker, H., Carvalho, F., Cardinale, M., & Kell, L. (2023). *ss3diags: What the package does (one line, title case)*.